

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

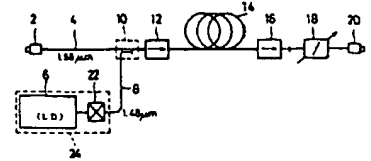
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(11) 5-7036 (A) (43) 14.1.1993 (19) JP
 (21) Appl. No. 3-156692 (22) 27.6.1991
 (71) MITSUBISHI CABLE IND LTD(1) (72) MINORU YOSHIDA(3)
 (51) Int. Cl.⁵. H01S3/094, G02B6/00, G02F1/35, H01S3/07, H01S3/106

PURPOSE: To eliminate the influence of trailing components of pumping light upon signal light center wavelength, and improve noise characteristics in the signal light after amplification.

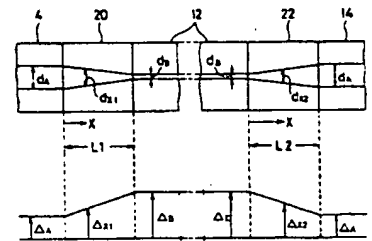
CONSTITUTION: An optical fiber 4 for signal light incidence and an optical fiber 8 for pumping light incidence from a pumping light source 6 are coupled by an optical coupler 10. A rare earth doped fiber 4 is connected with the downstream side of the optical coupler 10. A bandpass filter 18 for passing only the signal light wavelength components is connected with the downstream side of the fiber 14. A wavelength selection filter 22 is interposed between the pumping light source 6 and the optical coupler 10, i.e., in the middle part of the optical fiber 8 for pumping light incidence. The wavelength selection filter 22 has filter characteristics for cutting off the components in the vicinity of signal light center wavelength and passing the pumping light wavelength components.

**(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER**

(11) 5-7037 (A) (43) 14.1.1993 (19) JP
 (21) Appl. No. 3-156693 (22) 27.6.1991
 (71) MITSUBISHI CABLE IND LTD(1) (72) HIROYUKI TANAKA(4)
 (51) Int. Cl.⁵. H01S3/094, G02B6/00, G02B6/16, G02F1/35, H01S3/07, H01S3/106

PURPOSE: To reduce connection loss caused by sharp changes of mod field diameter and specific refractive index difference when amplification characteristics are improved by high NA rare earth doped fiber.

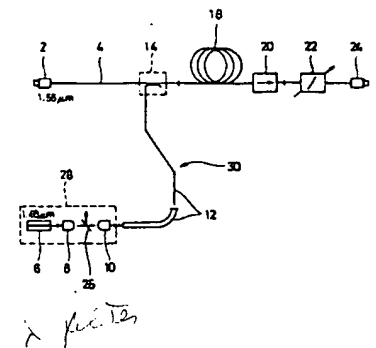
CONSTITUTION: A mode field converter 20 is interposed at least between a standard fiber 4 on the side of an optical coupler 10 and a rare earth doped fiber 12. The mode field diameter and the specific refractive index difference of the mode field converter 20 continuously change. The above parameters coincide with those of the standard fiber 4 at the incidence end, and coincide with those of the rare earth doped fiber 12 at the radiation end. Thereby amplification characteristics of the total optical fiber amplifier by high NA rare earth doped fiber 12 can be surely improved.

**(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER**

(11) 5-7038 (A) (43) 14.1.1993 (19) JP
 (21) Appl. No. 3-156694 (22) 27.6.1991
 (71) MITSUBISHI CABLE IND LTD(1) (72) MINORU YOSHIDA(3)
 (51) Int. Cl.⁵. H01S3/094, G02B6/00, G02F1/35, H01S3/07, H01S3/106

PURPOSE: To increase the gain and the output of signal light and prevent the damage of a pumping light source.

CONSTITUTION: Pumping light introduced from a pumping light source 6 via a pumping light transmission system 30, and signal light from an optical fiber 4 for signal light incidence are coupled by using an optical coupler 14, and introduced into a fiber 18 doped with rare earth (Er) elements. The signal light is amplified, and only the amplified signal light is made to pass a band-pass filter 22. A wavelength selection filter 26 is interposed in the pumping light transmission system 30, and cuts off the amplified signal light returning from the fiber 18. Thereby said light is prevented from being again reflected toward the fiber 18 side, laser from being again reflected pumping light source 6 (laser diode LD chip) is protected from burnout. Hence high gain and high output of signal light, and reliability improvement and long life operation of the pumping light source can be realized.



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-7036

(43)公開日 平成5年(1993)1月14日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/094				
G 0 2 B 6/00				
G 0 2 F 1/35	5 0 1	7246-2K		
		7630-4M	H 0 1 S 3/ 094	S
		9017-2K	G 0 2 B 6/ 00	E

審査請求 未請求 請求項の数1(全7頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-156692

(22)出願日 平成3年(1991)6月27日

(71)出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 吉田 実

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 田中 祐幸

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(74)代理人 弁理士 岡田 和秀

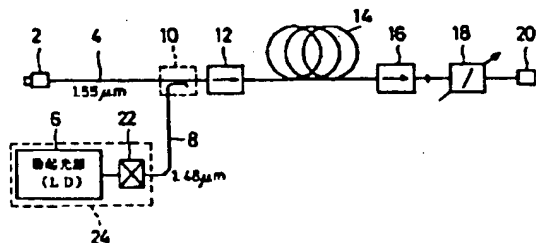
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57)【要約】

【目的】励起光の掘引き成分の信号光中心波長への影響を取り除き、増幅後の信号光における雑音特性を改善する。

【構成】信号光入射用光ファイバ4と励起光源6からの励起光入射用光ファイバ8とが光カプラ10で結合されている。光カプラ10の下手側に希土類ドープファイバ14が接続され、さらにその下手側に信号光波長成分のみを通過させるバンドパスフィルタ18が接続されている。励起光源6と光カプラ10との間すなわち励起光入射用光ファイバ8の途中に波長選択フィルタ22が介在されている。この波長選択フィルタ22は信号光中心波長付近の成分をカットし励起光波長成分を通過させるフィルタ特性をもつ。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光入射用光ファイバ(4)と励起光源(6)から導出された励起光入射用光ファイバ(8)とが光カブラ(10)を介して結合され、光カブラ(10)の下手側に希土類ドープファイバ(14)が接続されてなる光ファイバ増幅器において、前記励起光入射用光ファイバ(8)の途中に、信号光中心波長付近の成分はカットし励起光波長成分を通過させる波長選択フィルタ(22)を介在させたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、信号光と励起光とを光カブラ(光合波器)で混合した後、Er(エルビウム)などの希土類元素をドープした希土類ドープファイバに導いて、誘導放出効果により信号光を増幅するようにした光ファイバ増幅器に関する。

【0002】

【従来の技術】図4は、この種の従来の光ファイバ増幅器を示す概略構成図である。

【0003】図において、2は信号光入射コネクタ、4は信号光入射用光ファイバ、6は半導体レーザ(LD)などの励起光源、8は励起光入射用光ファイバ、10は信号光入射用光ファイバ4を伝搬する信号光と励起光入射用光ファイバ8を伝搬する励起光とを混合する光カブラ、12は反射光をほぼ完全に遮断して光を一方方向のみ通過させる光アイソレータ、14は誘導放出効果によって信号光を増幅する機能をもった希土類ドープファイバ、16も光アイソレータ、18は励起光の波長成分および蛍光成分をカットして信号光の波長成分のみを通過させるバンドパスフィルタ、20は信号光出射コネクタである。

【0004】この例では、希土類ドープファイバ14にドープされる希土類元素をEr(エルビウム)であるとする。Erの場合、信号光は1.55 μ m波長帯のものが最も増幅率が高いとされており、その場合の励起光は1.48 μ m波長帯である。なお、光ファイバはコアとその外周のクラッドとからなるが、Erはコアの内部または外周面にドープされる。

【0005】次に動作を説明する。

【0006】励起光源6から出射された1.48 μ m波長帯の励起光は、励起光入射用光ファイバ8、光カブラ10および光アイソレータ12を介して希土類ドープファイバ14に入射される。希土類ドープファイバ14にドープされているErは励起光によってポンピング(励起)される。

【0007】このようなErの励起状態で、変調された1.55 μ m波長帯の信号光が図示しない伝送用光ファイバから信号光入射コネクタ2を介して信号光入射用光ファイバ4に入射され、さらに光カブラ10で励起光と

2

混合された状態で光アイソレータ12を介して希土類ドープファイバ14に入射される。信号光は、希土類ドープファイバ14中を進行する過程で誘導放出効果によって直接的に(電気信号への変換なく、光の状態のまま)増幅される。その増幅された信号光および一部の励起光は、光アイソレータ16を介してバンドパスフィルタ18に入る。このバンドパスフィルタ18で、励起光と蛍光成分とがカットされ、信号光のみが通過し、その信号光は信号光出射コネクタ20を介して図示しない伝送用光ファイバへと導かれる。

【0008】なお、光アイソレータ12、16は、希土類ドープファイバ14と通常の光ファイバとの接合部における光の往復反射に起因したレーザ発振を防止する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする問題点は、希土類ドープファイバ14において増幅されるのは信号光だけでなく励起光の一部も増幅される結果、信号光の雑音特性が劣化するという点である。以下、これを具体的に説明する。

【0010】図5の(a)のように、信号光のスペクトルは1.55 μ m波長帯といってもきわめて狭い波長帯域内で尖鋭なものとなっている。これに対して、励起光源6が半導体レーザであっても1/100 μ mのオーダーで見ると、図5の(b)のように、1.48 μ m波長帯の励起光のスペクトルはかなり広い波長帯域の範囲で広がっており、その裾の方は信号光の中心波長である1.55 μ mまで届いている。

【0011】このようなスペクトルをもつ信号光と励起光とを光カブラ10において混合すると、その混合光のスペクトルは図5の(c)のようになる。このスペクトルのうち1.55 μ m付近を拡大して示したのが図5の(d)である。混合光の1.55 μ m成分は、その大部分が信号光ではあるが、励起光もわずかに含まれている。

【0012】この1.55 μ m付近の光成分を希土類ドープファイバ14内での誘導放出効果によって増幅すると、図5の(e)のようになる。丁度1.55 μ mにおいて、S₁は信号光の増幅分、S₂は励起光の裾引き部分の増幅分、S₃は蛍光成分(ASE)の増幅分である。これらを合わせた(S₁+S₂+S₃)が増幅後の信号光とみなされる。これはバンドパスフィルタ18によっても分離されず、そのまま信号光出射コネクタ20から伝送用光ファイバに出射される。バンドパスフィルタ18は、1.55 μ m成分を通過させるからである。

【0013】以上の結果、(S₂+S₃)が不要な雑音成分として混入していることになる。つまり、信号光の雑音特性(S/N比や雑音指数NF)を劣化させるのである。

【0014】本発明は、このような事情に鑑みて創案されたものであって、励起光の裾引き成分の信号光中心波

3

長への影響を取り除き、増幅後の信号光における雑音特性を改善することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、信号光入射用光ファイバと励起光源から導出された励起光入射用光ファイバとが光カブラを介して結合され、光カブラの下手側に希土類ドープファイバが接続されてなる光ファイバ増幅器において、前記励起光入射用光ファイバの途中に、信号光中心波長付近の成分はカットし励起光波長成分を通過させる波長選択フィルタを介在させたことを特徴とするものである。

【0016】

【作用】信号光中心波長への掘引き成分をもつスペクトルの状態で励起光源から励起光入射用光ファイバに出射された励起光は、その励起光入射用光ファイバの途中に介在された波長選択フィルタを通過する際に信号光中心波長付近の成分がカットされて光カブラから希土類ドープファイバへと進む。希土類ドープファイバ内での誘導放出効果によって増幅されるのは信号光中心波長成分であるが、これには励起光の掘引き成分が含まれておらず、実質的に信号光成分のみとなる。

【0017】信号光中心波長付近の成分をカットする波長選択フィルタを励起光入射用光ファイバの途中に介在させたので、信号光中心波長への励起光の掘引き成分は希土類ドープファイバ内には進入しないことになり、希土類ドープファイバにおいては信号光成分のみを増幅することになるから、増幅後の信号光の雑音特性（S/N比や雑音指数NF）を改善することができる。

【0018】

【実施例】図1は、本発明の一実施例に係る光ファイバ増幅器を示す概略構成図である。

【0019】図示しない伝送用光ファイバから1.55 μm 波長帯の信号光を導入する信号光入射コネクタ2から信号光入射用光ファイバ4が導出され、この信号光入射用光ファイバ4の端部付近に光アイソレータ12が設けられている。半導体レーザ（LD）で構成され1.48 μm 波長帯の励起光を出射する励起光源6から励起光入射用光ファイバ8が導出され、その端部が信号光入射用光ファイバ4の途中に結合されて光カブラ10を構成している。

【0020】信号光入射用光ファイバ4の光アイソレータ12側の端面には希土類元素としてEr（エルビウム）がドーピングされた希土類ドープファイバ14の一端が接合されている。この希土類ドープファイバ14の端部付近に光アイソレータ16が設けられ、それに続く通常の光ファイバ中に信号光中心波長付近の1.55 μm 波長成分のみを通過させるバンドパスフィルタ18が介在され、最終端に信号光出射コネクタ20が設けられている。

【0021】以上の構成は従来例と同様であるが、本実

4

施例においては、励起光入射用光ファイバ8の途中、すなわち、励起光源6から光カブラ10に至るまでのいずれかの位置において、図2のようなフィルタ特性をもつ波長選択フィルタ22を介在させてある。この波長選択フィルタ22は、信号光中心波長である1.55 μm と励起光中心波長である1.48 μm との中間の1.51～1.52 μm をカットオフ波長 f_c とし、それより長い波長成分はほぼ完全にカットし、それ以下の波長成分は通過させる特性をもつ。波長選択フィルタ22の1.55 μm での透過率は0.1%程度に過ぎない。

【0022】なお、図1において破線で囲んだように、励起光源6と波長選択フィルタ22とを一体的に組み付けて、低雑音型LDモジュール24としてもよいし、あるいは、励起光源6と波長選択フィルタ22とを互いに独立させておいてもよい。波長選択フィルタ22を光カブラ10と一体化することも考えられる。

【0023】次に動作を説明する。

【0024】励起光源6から出射された1.48 μm 波長帯の励起光のスペクトルは図3の（a）のとおりであり、かなり広い波長帯域の範囲に拡がり信号光の中心波長である1.55 μm まで届く掘引き成分をもっている。しかし、波長選択フィルタ22を通過する際に、掘引き成分は、カットオフ波長 f_c （＝1.51～1.52 μm ）よりも長い波長成分の大部分がカットされ、図3の（b）に示すようなスペクトルとなる。

【0025】このように掘引き成分がカットされた励起光ときわめて尖鋭な1.55 μm 波長帯の信号光とが光カブラ10で混合されると、その混合光のスペクトルは図3の（c）のようになり、信号光の波長帯域と励起光の波長帯域とは画然と区別されることになる。この混合光を希土類ドープファイバ14内で増幅すると、図3の（d）のようになる。これには信号光の増幅分 S_s と蛍光成分の増幅分 S_f とが含まれるが、従来例の図5の（e）に見られた励起光の掘引き成分の増幅分 S_r は含まれていない。

【0026】光アイソレータ16から出た光には増幅後の信号光と増幅を受けない励起光とが含まれているが、それがバンドパスフィルタ18を通過すると励起光がカットされ、増幅後の信号光のみが信号光出射コネクタ20から伝送用光ファイバへと出射される。この出射光には、蛍光成分が含まれているが励起光の掘引き成分は除外されているので、従来例に比べて雑音特性（S/N比や雑音指数NF）が向上している。

【0027】なお、上記実施例においては希土類ドープファイバとしてEr（エルビウム）をドーピングしたものを例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ドーピング希土類元素としてはNd（ネオジム）であってもよい。その場合、信号光と励起光の各波長帯もEr（エルビウム）とは異なるので、波長選択フィルタのカットオフ波長もそれに応じて調整するものとする。

5

【0028】また、上記実施例においては、希土類ドープファイバの下手側に信号光成分のみを通過させるバンドパスフィルタ(18)を接続させているがこのバンドパスフィルタ(18)は必ずしも必要ではない。

【0029】

【発明の効果】本発明によれば、信号光中心波長付近の成分をカットする波長選択フィルタを励起光入射用光ファイバの途中に介在させたので、信号光中心波長への励起光の漏引き成分は希土類ドープファイバ内には進入しないことになり、希土類ドープファイバにおいては信号光成分のみを増幅することになるから、増幅後の信号光の雑音特性(S/N比や雑音指数NF)を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る光ファイバ増幅器を示す概略構成図である。

6

【図2】実施例における波長選択フィルタの特性図である。

【図3】実施例に係る光ファイバ増幅器の動作説明図である。

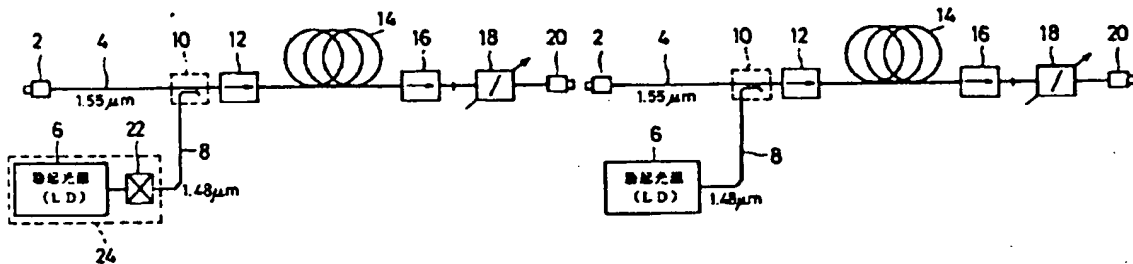
【図4】従来の光ファイバ増幅器を示す概略構成図である。

【図5】従来の光ファイバ増幅器の動作説明図である。

【符号の説明】

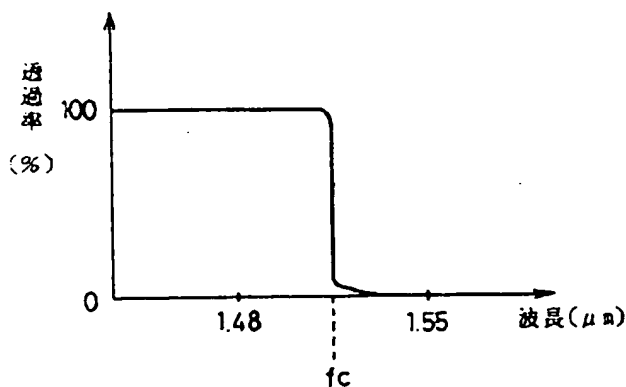
- 4 信号光入射用光ファイバ
- 6 励起光源
- 8 励起光入射用光ファイバ
- 10 光カプラ
- 14 希土類ドープファイバ
- 18 バンドパスフィルタ
- 22 波長選択フィルタ

【図1】

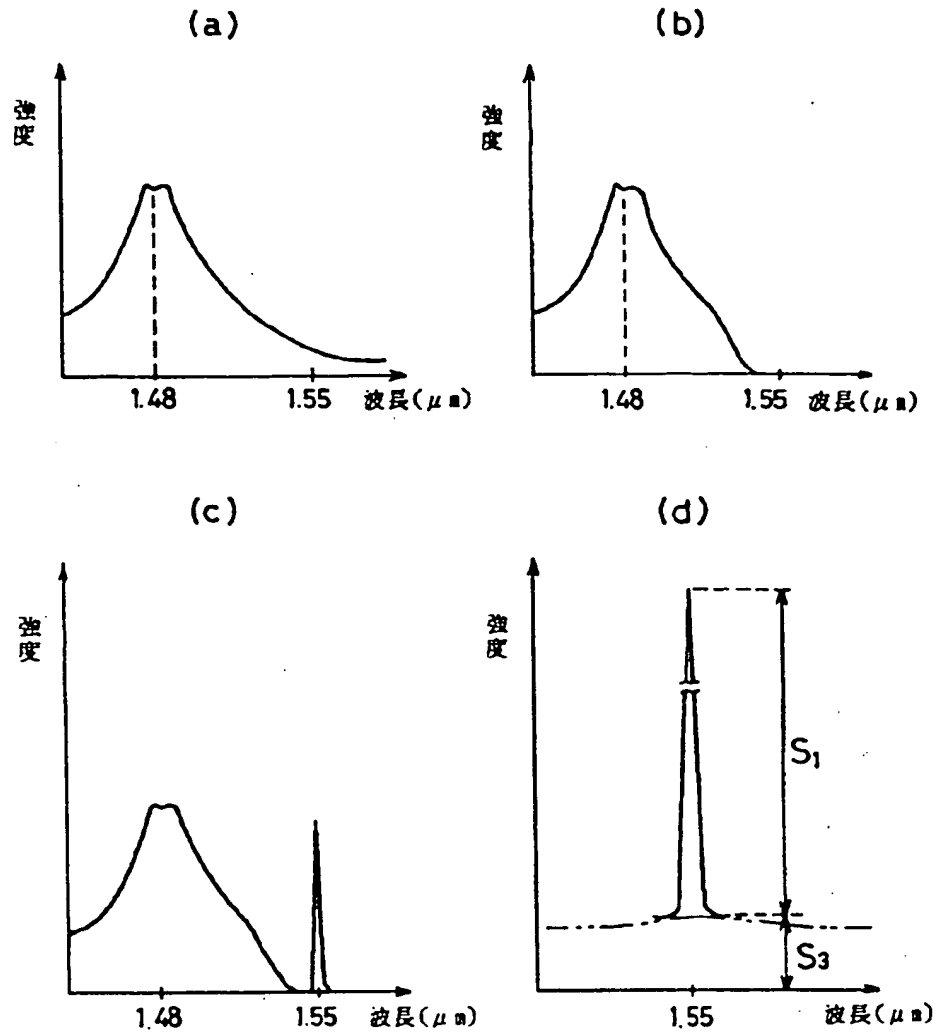


【図4】

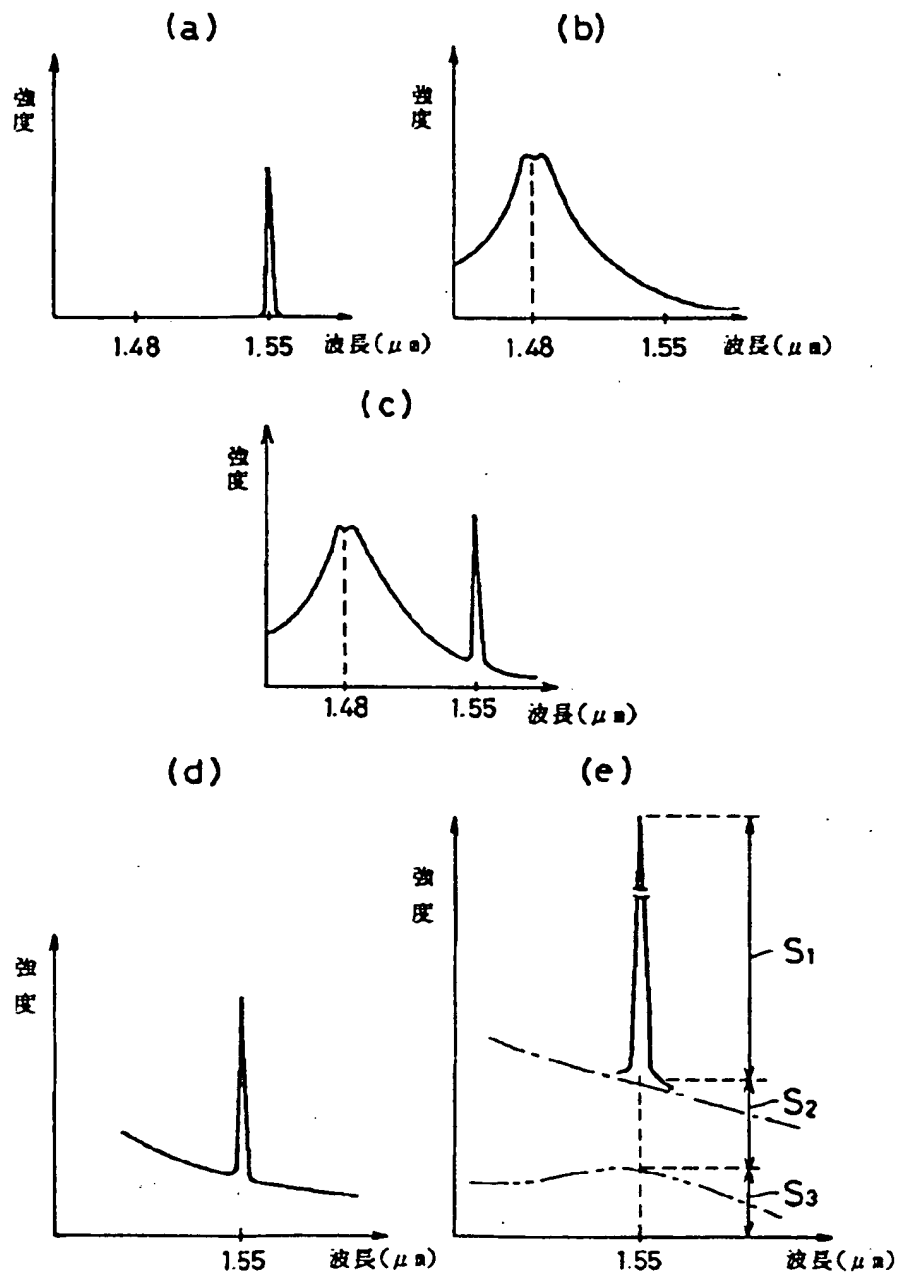
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

H01S 3/07

3/106

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7630-4M

7630-4M

(7)

特開平5-7036

(72)発明者 中沢 正隆

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 木村 康郎

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内